地面数字电视广播单频网进行传输覆盖工程的探讨

摘　要：地面数字电视广播单频系统，是我国广播电视的重要部分，而单频网作为传输覆盖工程最为常见的应用方法之一，不但能够实现频率规划的高效性，还能够实现多点射频来解决覆盖过程的盲区问题，极大地提高地面数字电视广播单频网进行传输覆盖工程的覆盖率。并且，单频网络能够实现辐射低、覆盖均匀、污染小的性能，具有良好的效果。

关键词：地面数字电视广播单频网；传输覆盖；SFN
中图分类号：TN931　　文献标识码：A
文章编号：1671-0134（2017）12-097-03　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2017.01.027

■文 / 革　命

在本文中，我们将针对地面数字电视广播单频网的系统组成和关键技术进行相关的介绍，并且对于目前地面数字电视广播单频网存在的问题进行深入分析，并根据相关的问题提出针对传输覆盖问题的具体解决措施，希望本文提供的方法对于地面数字电视广播单频网进行传输覆盖工程工作的展开和优化给予相应的帮助和参考。

1. 地面数字电视广播单频网相关内容

地面数字广播系统，是通过地面广播方式来传输相应的数字信号实现数字传输的系统。最早实现数字电视广播，是DTTB 标准，是由北美和欧洲最早开始使用，随后建立了欧盟 DVB-T 标准、美国 ATSC 标准和日本的 ISDB-T 标准。我国的地面数字单频广播系统起步较晚，但也于 2006 年提出了《数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制》标准，即 DTMB 标准。近今年来，随着信息技术的不断发展，数字电视相关技术发展迅速，在我国，也逐渐向国标 DTMB 和 CMMB 标准进行转换。

单频网，即 SFN，是指用多个发射台同时同频发射相同的信号，这样能够实现对于服务区域全方位的可靠覆盖。近几年来，随着地面数字电视广播网络的不断发展，单频网络已经应用得相当广泛，同时已经进入相关的调整阶段。在我国，从 2002 年开始，在全国各个地区已经开始了广泛的实验，到目前为止，基本实现了单频网的覆盖。但是在各个地区，由于实际情况的不同，实际码率的速率有所不同。当下，地面数字电视广播单频网的应用受到了诸多因素的影响，只有通过对地面数字电视广播单频网传输覆盖工程进行深入的探讨，才能为无线电视台提供更加好的发展平台和广阔的空间。

1. 1 信道环境

对于电磁波的分类，主要分为直射波、多径反射波、绕射波和散射波。地面数字广播电视的信道环境，主要分为高斯传播信道、瑞利传播信道、莱斯传播信道三种形式。

1.1.1 高斯传播信道

主要考虑高斯热噪声，发射天线和接收天线之间不受阻挡，视距传播，无反射和散射体，概率函数的表达式为：

$$P(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2}$$

1.1.2 瑞利传播信道

考虑热噪声和多径的影响。要考虑电磁波的反射和散射，典型的应用环境是山脚下或者大楼阻挡的地方，其概率密度的表达式为：

$$P(r)=\frac{r}{\sigma^2}\exp(-\frac{r^2}{2\sigma^2})\qquad \infty\geq r\geq 0$$

1.1.3 莱斯传播信道

考虑到较强的接收信号和低功率时延信号的影响，同时考虑了热噪声。常见的适用环境为高楼林立的公寓和市区的街道，概率密度表达式为：

$$P(r)=\frac{r}{\sigma^2}e^{-\frac{(r^2+r_0^2)}{2\sigma^2}}I_0(\frac{rr_0}{\sigma^2})\qquad r\geq 0,r_0\geq 0$$

1. 2 路径传播损耗

对于路径传播损耗，指的是电磁波在空间传播时产生的电平平均值的变化。对于一个全向天线，无线电波在空间中传播时以球面波的形式向四周扩散，在空间传播的公式如下：

$$L=(4\pi df/c)^2$$

其中，L 是路径损耗、d 是收发端的距离、f 是无线电波的频率、c 为光速。

2. 目前地面数字电视广播单频网进行传输覆盖工程存在的问题

2. 1 覆盖范围和重叠区存在矛盾

比如说，在 DBV-T 的单频网中，在实际应用中存在如下问题：增大覆盖和改善覆盖重叠区没有办法同时满足两者之间的要求。在 COFDM 的使用环境中，一方面，虽然由于多个发射点覆盖，使得一些盲区能够改善信号的强度。但是，

在信号较强的重叠区域，会使得 C/N 的门限值被抬高，导致信号的接收效果降低。作为一对矛盾体，增大发射点的数目不能很好地实现接收效果的稳定性。同时，DTMB 和 CMMB 在应用上也存在 DVB-T 使用过程中遇到的问题。

2.2 同步环节存在安全隐患

对于 DTMB、CMMB 和 DVB-T 三种单频网络，一般是通过单频适配器来实现频率同步和时间同步。在 DVB-T 的应用中，通过 GPS 来得到基准频率和脉冲信号，实现对级联振荡器的驱动。在单频适配器中，MPEG-2 的码流中要添加 MIP 包，最后用 PDN 实现将码流分发到发射站。来达到同步的目的。但是在实际应用中，却出现了独立的 GPS 容易丢失信息的问题，这样就使得单频系统整体混乱，会使得整个同步环节存在较强的安全隐患。

2.3 在链路传输中遇到的问题

在单频网中，码流传输是非常重要的一个问题。对于单频网络，要实现严格的同时、同频、同码流的要求。对于此问题，一般通过对 MIP 包进行处理，实现对时间的同步。对于 MIP 包，它到达的位置和单频网络的同步有非常密切的关系。对于码流复苏、传输过程一定要保证时间的绝对性，而 PCR 和空包也不能进行随意的改变。对于目前单频网的码流，一般通过直达光缆、SDH 网络、微波等方式进行传播。对于光缆网络的建设，虽然要求的方法较为简单和可靠，但是一定有直达的光纤，这样会使得成本的提升。这就导致网络链路的传输方法仅仅适用于城市范围内的单频网络的传输。如果想利用 SDH 网络，基本上运用 DVB-C，而 ASI 和 DS3 适配器不能够与单频网实现兼容。因此，要想用微波，必须要对光缆进行备份。

3. 地面数字电视广播单频网进行传输覆盖工程的规划

参考规划的配置：

对于 DVB-T 的实施系统的参数，要对真实的规划进行相应的配置，配置内容如图 1。

参数项	选项
接收方式	屋顶固定接收、室外便携接收 室内便携接收、移动接收
覆盖质量 （以地点概率定义）	70% 95% 99%
网络结构	MFN SFN 密集 SFN
DVB-T 系统变量	从 QPSK 1/2 到 64QAM 7/8
频段	频段III（200MHZ） 频段IV（500MHZ） 频段V（800MHZ）

图 1　规划配置的参数

对于 DVB-T 应用的规划配置方式 RPC1、RPC2 和 RPC3 三种配置方式，主要的参数项、参数和接收方式如图 2。

在不同的调制方式中，在不同的信道中，DVB-T 对于数字电视同频保护的率值是不同的，具体的值如下所图 3。

规划配置方式	参数项	参数		接收方式
RPC1	调制方式	64QAM	64QAM	屋顶固定接收
	编码效率	2/3	3/4	
	地点概率	95%	95%	
RPC2	调制方式	QPSK	16QAM	移动接收
	编码效率	2/3	1/2	
	地点概率	99%	99%	
	调制方式	16QAM	64QAM	室外便携接收
	编码效率	2/3	2/3	
	地点概率	95%	95%	
	调制方式	16QAM		室内便携接收 （覆盖质量较低）
	编码效率	2/3		
	地点概率	70%		
RPC3	调制方式	16QAM		室内便携接收 （覆盖质量较低）
	编码效率	2/3		
	地点概率	95%		

图 2　参考配置参数

调制	编码效率	高斯信道	莱斯信道	瑞利信道
QPSK	1/2	5	6	8
QPSK	2/3	7	8	11
16QAM	1/2	10	11	13
16QAM	2/3	13	14	16
16QAM	3/4	14	15	18
64QAM	1/2	16	17	19
64QAM	2/3	19	20	23
64QAM	3/4	20	21	25

图 3　DVB-T 信号受到 DVB-T 信号同频保护率（db）

4. 地面数字电视广播单频网的传输覆盖工程

4.1 单频网频率的选择

对于所有的可能选频，需要进行以下步骤：

（1）先选中参考台站，将候选频道中选择一个使用的频道，然后计算所选台址的有害场，最后选出有害场大于设定门限的所有的参考模拟站台；

（2）在第一步中选中的模拟站台中 ERP，再根据模拟站台有害场的场强值，通过将模拟站台和数字站台距离的比对，进一步对相应的模拟站台进行处理和筛选；

（3）在第二步筛选出的模拟站台中，利用数字站台对模拟站台进行干扰筛选和分析；

（4）将指配的数字台作为欲收台站，首先对于有害场进行分析，同时将指配的数字台和模拟台的干扰情况进行分析，要考虑数字和模拟 EPR。

4.2 传输模式的制定

对于 DVB-T，2K 模块能够构建小的单频网。2K 模块能够实现同步速度快、抗干扰能力强的特点，而 8K 模块能够实现同步稳定和抗时延能力强的特点。对于 DVB-T 系统中可能出现的净码流比特率如图 4 所示。

而对于传输模式的选择，一般具有以下几种代表的搭配。

调制方式	编码率	保护间隔			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4.98	5.53	5.85	6.03
	2/3	6.64	7.37	7.81	8.04
	3/4	7.46	8.29	8.78	9.05
	5/6	8.29	9.22	9.76	10.05
	7/8	8.71	9.68	10.25	10.56
16-QAM	1/2	9.95	11.06	11.71	12.06
	2/3	13.27	14.75	15.61	16.09
	3/4	14.93	16.59	17.56	18.10
	5/6	16.59	18.43	19.52	20.11
	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11

图 4　DVB-T 系统中的净码流比特率

序号	系统参数设置（值）			试验结果	
	调制方式	保护间隔	内纠错码率	优势	缺点
1	64QAM	1/32	7/8	传输效率最高	接收效果最差，不支持城市内移动接收；信号干扰极为严重，单频网难以调整
2	QPSK	1/4	1/2	接收效果最好，适合最恶劣的接收环境	传输效率最低
3	QPSK	1/4	2/3	传输效率和接收效果得到同时兼顾	

图 5　几种代表性的搭配

序号	载波模式	调制方式	编码效率	符号交织	帧头模式	系统净码率（Mbps）	AWGN 载噪比门限/dB	时间 μs /半径 Km
1	C=3780	16QAM	0.4	720	PN=945	9.626	7.95	125.0/37.50
2	C=1	4QAM	0.8	720	PN=595	10.396	5.83	78.7/23.61
3	C=3780	16QAM	0.6	720	PN=945	14.438	10.30	125.0/37.50
4	C=1	16QAM	0.8	720	PN=595	20.791	12.42	78.7/23.61
5	C=3780	16QAM	0.8	720	PN=420	21.658	12.33	55.6/16.68
6	C=3780	64QAM	0.6	720	PN=420	24.365	15.27	55.6/16.68
7	C=1	32QAM	0.8	720	PN=595	25.989	15.48	78.7/23.61

图 6　DTMB 的主要方式

如图 5 所示。

一般来说，如果覆盖半径小于 37.54km 的单频网，可以使用图 6 中的 1 和 3，一般应用 PN945 作为帧头，但这种方法的帧头开销较大，纠错码率较低。

对于覆盖半径小于 16.68km 的单频网，一般采用 5 和 6。对于 6 采用的是 64QAM，当多径信道性能较差的情况下，能够实现高的净荷速率。对于 5 采用的是 16QAM，同时使用了较高的纠错码率，现在模式 5 应用已经非常广泛。

对于覆盖半径小于 23.61km 的单频网络，一般选择 2、4、7 模式。三者的编码效率为 0.8，模式 7 相较于模式 4 来说，调制结束较低。而模式 2 中，载噪比的门限最低，一般应用于移动业务。对于小面积单频网的选择，希望从无线入手来减小重叠区。

4.3 同步模式的选择

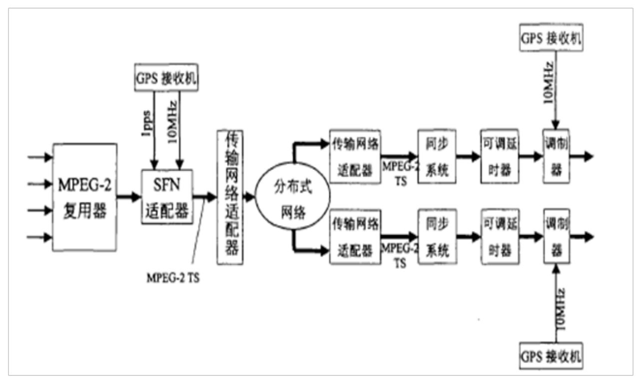


图 7　单频网组网方式

在多载波系统中，由于抵抗频率飘移能力比较弱。使用 GPS 来进行同步，同时要建立一个高稳定度的本地振荡器。这样做，使得 GPS 作为频率参考，发射机能够通过基本的相应频率发射，使得整个系统能够实现稳定工作。当主发射点接收到发射台的高质量信号，然后送入变频器，将信号转换为中频信号，然后将信号进行滤波和放大。这样做对于盲点覆盖非常有效。

5. 结束语

在本文中，我们主要探讨了地面数字电视广播单频网进行传输覆盖工程。从地面数字电视广播单频网相关内容、目前地面数字电视广播单频网进行传输覆盖工程存在的问题、地面数字电视广播单频网进行传输覆盖工程的规划、地面数字电视广播单频网的传输覆盖工程四个角度进行分析。在资源紧张的今天，单频网络能够极大地提升频率资源的使用效率，能够极大地保证接收信号的稳定和可靠，保证传输覆盖区域的可靠性。

参考文献

[1] 冯景锋，邓向冬，陈志国 . 地面数字电视传输系统测试 [J]. 广播与电视技术，2006（08）：52-54.

[2] 冯景锋，周兴伟，刘骏国家地面数字电视传输标准单频网覆盖测试 [J]. 广播与电视技术，2008（08）：114-120.

[3] 中华人民共和国广播电影电视行业标准 . 地面数字电视广播发射机技术要求和测量方法 [S].

[4] 姜文波，冯景峰，李熠星 . 国家地面数字电视推广应用北京地区技术试验 [J]. 广播与电视技术，2008（6）：16-22.

（作者单位：内蒙古新闻出版广电局呼伦贝尔广播发射中心台）